2 音速の測定

（Ⅰ）音の伝播時間を測定する方法
（Ⅱ）気柱共鳴による方法

音の速さを次の二つの方法で測定する。第１の方法(Ⅰ)は，音が２点間を伝わる時間を測定し，距離と時間とから音速を求める。距離は２～５mで時間は１０万分の１秒まで測定することにより，正確な音速を測定することができる。第２の方法(Ⅱ)は，気柱共鳴を利用する方法で，ある振動数(600Hz～900Hz)の共鳴音の波長を求め音速を求める。この実験では，気柱の共鳴点をはっきりさせるために工夫された測定装置を使う。

音速が気温によって変化することについても考察する。

【使用実験機器】(Ⅰ)万能電気式ストップウォッチ
(Ⅱ)気柱共鳴音速測定装置

§１ はじめに

運動会で「よーいドン」のピストルの合図を離れたところから見ていると，白い煙に遅れて「バーン」という音が聞こえる。また，雷も雷光が光ってしばらくしてから雷鳴が聞こえる。これらの現象は，光がほぼ瞬間的に伝わるのに対して，音の伝わる速さが比較的遅いためである。

空気中で物体が振動すると，その物体の振動による空気圧の変化により，まわりの空気に疎部と密部が交互にでき，それが縦波となって伝わって行く。これが音波であり，振動数が約20～20,000Hzの時は，人の耳に音として感じ取られる。音波は気体，液体，および固体中では伝わるが，媒質のない真空中では伝わらない。

空気中を伝わる音の速さは気温によって異なる。音の伝わる速さは，気温が高くなるにつれて速くなり，次の式で表すことが出来る。

$v = 331.5 + 0.6t$ [m/s]　　t：温度[℃]

例えば，気温20℃の時の音の速さｖは343.5m/sとなり，５mの距離では0.01456秒で音は伝わる。

ここでは，音の速さを二通りの方法で測定する。第１の方法(Ⅰ)は，音が２点間を伝わる時間を直接測定する方法で，そのため，10μs（1/100000s）まで測定できる電気式ストップウォッチを使う。この方法では，実験室内で手軽に音速を測ることができる。第２の方法(Ⅱ)は，気柱共鳴を利用する方法で，共鳴音の波長と振動数から音速を求める。以下，§２で音の速さの理論式について説明し，§３で第１の方法(Ⅰ)による実験を，また，§４で第２の方法(Ⅱ)による実験を説明する。

§２ 音速

1 空気中の音速

温度ｔ[℃](Ｔ[K])，圧力ｐ，密度ｄの空気中を伝わる音の速度ｖは，空気の定圧比熱と定積比熱の比をγとして，

$$v=\sqrt{\gamma\frac{p}{d}} \qquad \cdots\cdots (1)$$

で表される。一方，０[℃]（T_0[K]），１気圧（p_0）のときの空気の密度をd_0とすると，ボイル・シャルルの法則から

$$\frac{p_0}{d_0 T_0}=\frac{p}{dT} \qquad \therefore \quad \frac{p}{d}=\frac{p_0}{d_0}\cdot\frac{T}{T_0}$$

と表されるので，(1)式は

$$v=\sqrt{\gamma\frac{p}{d}}=\sqrt{\gamma\frac{p_0}{d_0}}\sqrt{\frac{T}{T_0}}=v_0\sqrt{\frac{T}{T_0}} \qquad \cdots\cdots (2)$$

となる。ここで，

$$v_0=\sqrt{\gamma\frac{p_0}{d_0}}$$

であり，v_0は０℃，１気圧での音速を表す。

v_0＝331.5 [m/s]，T_0＝273 [K]，Ｔ＝273＋ｔ [K] … (3)

を代入すると，

$$v=331.5\times\sqrt{\frac{273+t}{273}}=331.5\times\left(\frac{273+t}{273}\right)^{\frac{1}{2}}=331.5\times\left(1+\frac{1}{2}\times\frac{t}{273}\right)$$

∴ ｖ＝331.5＋0.6ｔ [m/s] ｔ：温度[℃] … (4)

つまり，

$$\text{音速}=\sqrt{\frac{\text{定圧比熱}}{\text{定積比熱}}\times\frac{\text{圧力}}{\text{密度}}}$$

$$=0℃\text{の音速}\times\sqrt{\frac{\text{絶対温度で表した気温}}{273}}$$

$$=331.5+0.6\times(\text{摂氏で表した温度}) \quad [\text{m/s}]$$

となる。

【備考１】《空気中の音速に対する圧力の影響》

(1)式で，ｐとｄは比例関係にあるので，圧力ｐが変化しても音速ｖは変化しない。

【備考２】《空気中の音速に対する湿度の影響》

湿度が増すと音速は幾分増加する。これは水蒸気の分子量がH_2O＝18に対し空気の平均分子量が約29なので，水蒸気が増すと密度が減少し，このため音速が増加するものと考えられる。

2 液体・固体中を伝わる音の速さ

固体（棒）を伝わる音（縦波）の速さは，ヤング率をE，密度をｄとすると，

$$v = \sqrt{\frac{E}{d}} \qquad \text{（棒）}$$

となる。

また，液体中の音の速さは，体積弾性率をｋ，密度をｄとすると，

$$v = \sqrt{\frac{k}{d}} \qquad \text{（液体）}$$

となる。

【参考】《気体，液体中での音速》

表１　気体中の音速

物　　質	音速（0℃,1気圧）	1℃毎の増加量
酸　　素	317 [m/s]	0.57 [m/s]
窒　　素	337	0.85
水　　素	1270	2.00
二酸化炭素	258	0.87

表２　液体中の音速

物　　質	音　　速	温度℃
蒸留水	1500 [m/s]	23～27
海　水	1513	20
ﾒﾁﾙｱﾙｺｰﾙ	1207	23～27
ｴﾁﾙｱﾙｺｰﾙ	985	23～27

§３ 音速の測定Ⅰ：音の伝播時間を測定する方法

1 説明

(1)音速測定の原理

２点間を音が伝わる時間を測定するには，音源，伝えられた音を捉えるもの，音が発せられた時間と捉えられた時間を測定する時計が必要である。ここでは，スピーカーから発せられた音をマイクが捉え，時間を電気式ストップウォッチで測定する。この実験の原理を図１に示す。

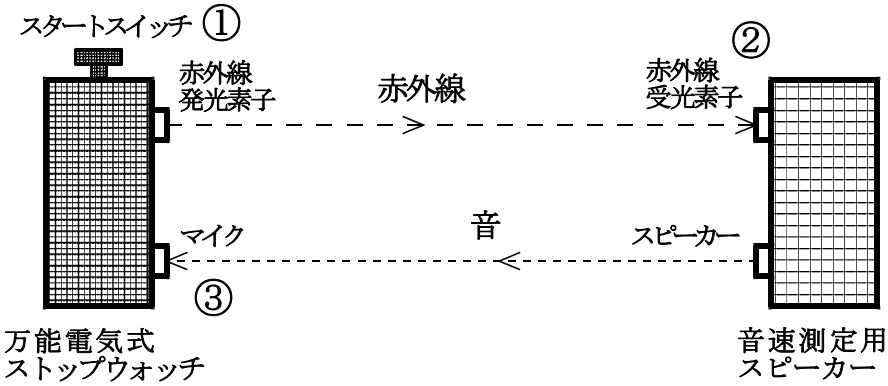


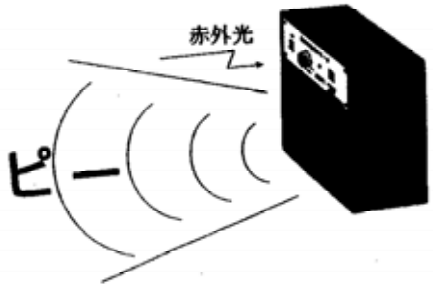
図１　実験の原理図

①スタートスイッチを押すと赤外線が発せられ時間計測を開始する。
②赤外線を受光するとスピーカーから「ピー」という音が発せられる。
③マイクで音をキャッチすると時間計測が終わる。

“万能電気式ストップウォッチ”は赤外線発光素子とマイクを兼ね備えた電気式ストップウォッチで，最高10μsの精度で時間計測ができる。一方，“音速測定用スピーカー”は，赤外線受光素子を備えたスピーカーである。

時間計測の原理は次のようになる。まず，電気式ストップウォッチのスタートスイッチが押されると赤外線が発せられ，同時に時間計測が開始される。次に，この赤外線が音速測定用のスピーカーの赤外線受光素子で受光されると，スピーカーから「ピー」という発信音が発せられる。最後に，この発信音が電気式ストップウォッチのマイクでキャッチされると，時間計測は終了する。光の速さが約30万㎞/sと音速に比べて圧倒的に速いので，赤外線が伝えられる時間は無視して考えると，ここで計測された時間はスピーカーとマイクの間を音が伝わるのに要した時間と言える。従って，ここで計測された時間と，スピーカーとマイクの間の距離が分かれば音速を求めることができる。

$$\text{音速}=\frac{\text{測定距離}}{\text{時間}}$$



(2)実験機器

〈万能式電気式ストップウォッチ〉

万能電気式ストップウォッチBEX－10は，自由落下運動，水平投射運動および音の伝わる速さについての実習を行うことができるほか，外部センサ用のジャックにセンサをつなぐことで，さまざまな実習に利用することができる。

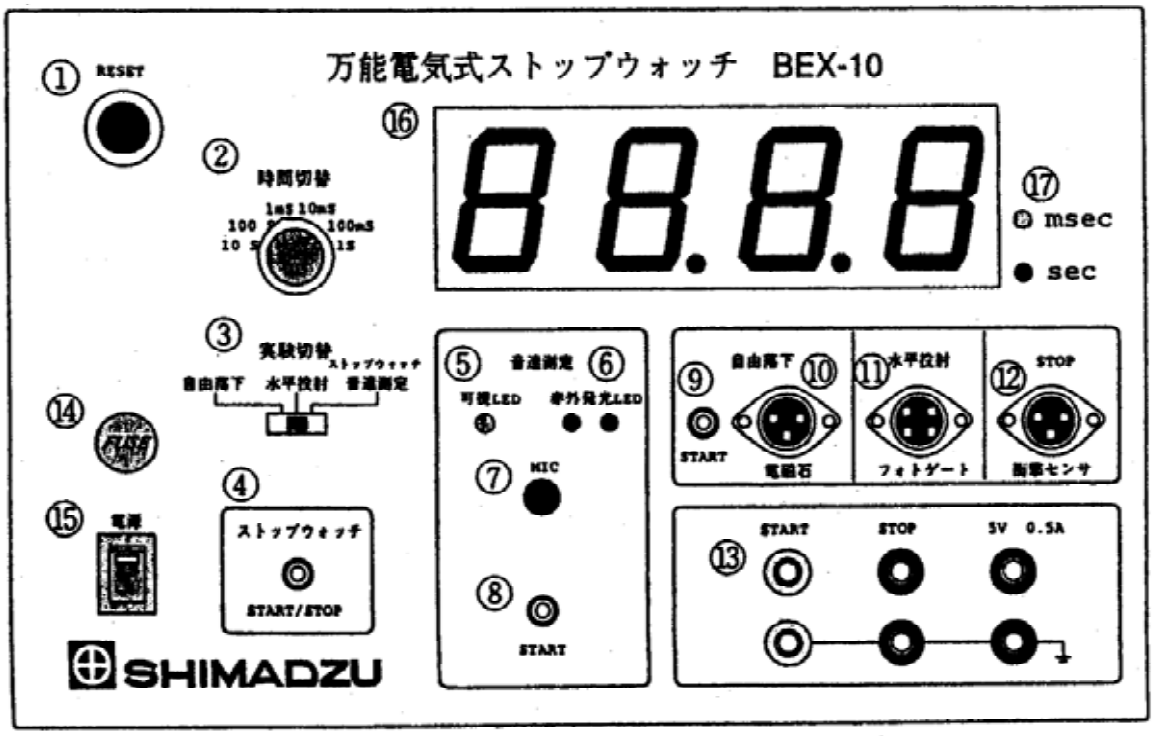
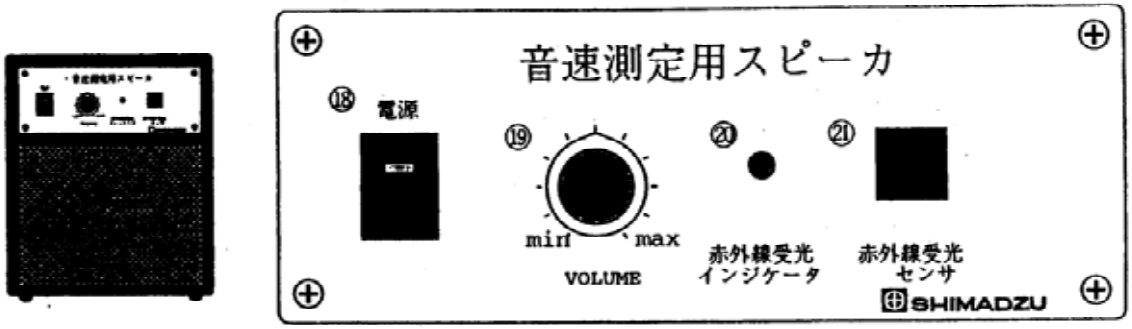


図２　万能電気式ストップウォッチ

①RESET SW …… ７セグメントLEDを‘0000’にリセットする。
②時間切替SW …… 時間カウントが１ｓ～10μｓの間で６段階に切り替えられる。
③実験切替SW …… 実験を行いたい項目にＳＷを切り替える。
④ストップウォッチ用START/STOPジャック
…… スタートボタンスイッチのプラグを差し込むことで，ストップウォッチとして利用する。
⑤可視LED …… 音速測定時に赤外発光LEDの発光と同時に，点灯する。
⑥赤外発光LED … 音速測定時にスタートボタンスイッチが押されると同時に発光し，信号を音速測定用スピーカーに送る。（発光状況は見えない。）
⑦音速測定用マイク… 音速測定用スピーカーから発せられた音を拾う。
⑧音速測定用STARTジャック
…… 音速測定時にスタートボタンスイッチのプラグを差し込む。

〈音速測定用スピーカー〉



音速測定用スピーカ
電源DC９Ⅴ（単２形アルカリ乾電池×６個）

図３ 音速測定用スピーカー

⑱電源SW …… 電源をON/OFFする。
⑲ボリュームツマミ …… スピーカーの音量を調整する。
⑳赤外線受光インジケーター …… 赤外線の受光をLEDの点灯で知らせる。
21赤外線受光センサー …… 赤外線を受光する。

〔例〕測定距離＝2.00[m]，時間＝5.81×10^{-3}[s]のとき

$$音速=\frac{2.00}{5.81\times10^{-3}}=344.23\cdots=344〔m/s〕$$

2 実験

(1)実験装置および器具

・万能電気式ストップウォッチ（BEX-10）
・メジャー（５m）
・温度計（室温測定用）

(2)実験装置の配置と調整

① ストップウォッチとスピーカーを図４のように配置する。

・音速測定用STARTジャックにスタートボタンスイッチのプラグを差し込む。
・本体と音速測定用スピーカを２～10m離して向き合うようにセットする。
・時間切替SWを10μsにセットする。
・実験切替SWを音速測定にセットする。

【注意】

・室内で測定を行う。室外での測定では太陽光，風等の条件により正確な結果が得られないことがある。
・音の伝わる経路の上下左右の空間がなるべく広く取れる場所（教室，実験室の中央）にする。狭い場所や壁面の凹凸がある場所では，反射音が影響することがある。

② ストップウォッチ本体のマイクと音速測定用スピーカまでの距離を測定する。

・本体表面のマイク位置からスピーカまでの直線距離を基準にする。

【注意】

・測定音を出すスピーカ部は，表面より約15㎜奥部に実装されているので，ボックス横に示した距離測定基準線に距離を合わせる。

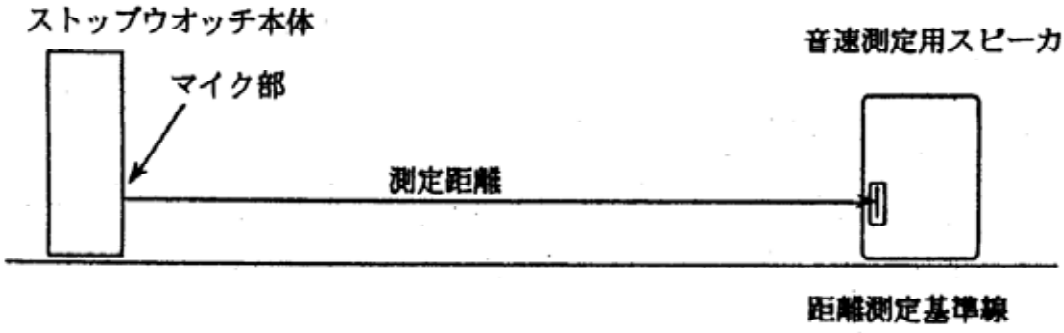


図４　本体とスピーカーの配置

③ スピーカの音量を調整する。

・音速測定用スピーカの測定音は，距離の変化に合わせボリュームで調節する。
・ボリュームの位置は，距離を決めた後，少しずつ音量を大きくし，安定した測定値が得られる音量よりやや大きく（半目盛程度）した位置に決める。
・同一距離を測定する間は，音量を変化させないようにする。

【注意】

・ボリュームを右へ回しても音量が大きくならなかったり，音が割れたりする場合は，

電池の消耗が考えられる。安定した測定結果を得る為に，アルカリ乾電池の使用が望ましい。

④ 測定時の温度をチェックする。
・理論値算出の基準となる温度の測定は，必ず本体とスピーカの間で行う。
・測定距離が長い場合は，本体側，スピーカ側，中間のように複数の位置の温度をチェックし，平均を求める。

(3)実験の方法
① 音速測定用スピーカの電源SWを入れる。
② RESET SWを押す。
③ スタートボタンスイッチを押して実験を開始する。

【注意】
・音速測定用スピーカの音の大きさにより測定値がバラつくことがあるので，適当な音量を発生するようにボリュームを調整すること。あまり測定距離が短い場合や，長い場合には，正確な実験ができないので，測定距離（約２～10mが適当）に注意して実験を行うこと。
・測定中の周囲の雑音による影響にも注意すること。
・また，点滅光（蛍光灯など）の近くでの実験では，光の影響により正確な実験が出来ないことがある。

３ 実験結果と分析

［測定例１］実験室　教卓上　気温21.7℃，湿度73.5%　音量２目盛

音速の計算値　331.5 + 0.6×21.7 = 344.5 [m/s]

表３ 音速の測定結果１

距離 [m]	１回 [ms]	２回 [ms]	３回 [ms]	４回 [ms]	５回 [ms]	６回 [ms]	７回 [ms]	８回 [ms]	９回 [ms]	10回 [ms]	平均 [ms]	音速 [m/s]
0.5	1.46	1.46	1.45	1.46	1.45	1.46	1.46	1.45	1.46	1.46	1.46	324.4
1.0	2.91	2.91	2.92	2.90	2.91	2.92	2.92	2.91	2.91	2.91	2.91	343.6
1.5	4.36	4.36	4.36	4.37	4.35	4.35	4.36	4.35	4.36	4.36	4.36	344.0
2.0	5.82	5.80	5.80	5.81	5.80	5.81	5.81	5.82	5.81	5.81	5.81	344.2
2.5	7.27	7.27	7.25	7.25	7.25	7.26	7.26	7.26	7.25	7.26	7.26	344.3
3.0	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.69	8.71	8.70	8.70	8.71	8.70	344.8

《分析》
・有効数字３桁で実験値は，計算値とほぼ一致する。
・測定距離が2.0mより短くなると，測定誤差が大きくなるので望ましくない。

［測定例２］実験室　教卓上　気温21.7℃，湿度73.5%　音量５目盛

音速の計算値　331.5 + 0.6×21.7 = 344.5 [m/s]

表４ 音速の測定結果２

距離 [m]	１回 [ms]	２回 [ms]	３回 [ms]	４回 [ms]	５回 [ms]	６回 [ms]	７回 [ms]	８回 [ms]	９回 [ms]	10回 [ms]	平均 [ms]	音速 [m/s]
0.5	1.46	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.45	1.45	1.46	1.46	1.46	324.4
1.0	2.91	2.91	2.91	2.91	2.92	2.90	2.91	2.90	2.90	2.91	2.91	343.6
1.5	4.35	4.35	4.36	4.36	4.35	4.36	4.35	4.36	4.36	4.35	4.36	344.0
2.0	5.81	5.80	5.81	5.80	5.80	5.80	5.81	5.80	5.80	5.80	5.80	344.8
2.5	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	344.8
3.0	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	8.69	8.70	8.70	8.70	344.8

《分析》

・測定距離が２m以上のとき，有効数字３桁で実験値は，計算値と一致する。

・静かな教室では，音量は２目盛で十分である。しかし，周りの雑音や電池の消耗が考えられるので，大きめにした方がよい。

［測定例３］廊下　気温23.0℃，湿度72.0%　音量５目盛

音速の計算値　331.5 + 0.6×23.0 = 345.3 [m/s]

表５ 音速の測定結果３

距離 [m]	１回 [ms]	２回 [ms]	３回 [ms]	４回 [ms]	５回 [ms]	６回 [ms]	７回 [ms]	８回 [ms]	９回 [ms]	10回 [ms]	平均 [ms]	音速 [m/s]
1.0	2.90	2.91	2.90	2.90	2.91	2.90	2.90	2.91	2.90	2.90	2.90	344.8
2.0	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	344.8
3.0	8.71	8.71	8.69	8.70	8.70	8.70	8.70	8.69	8.69	8.70	8.70	344.8
4.0	11.58	11.58	11.58	11.58	11.58	11.58	11.58	11.58	11.59	11.58	11.58	345.4
5.0	14.46	14.47	14.47	14.47	14.47	14.47	14.47	14.46	14.47	14.47	14.47	345.5
6.0	17.36	17.36	17.36	17.36	17.36	17.36	17.36	17.38	17.36	17.37	17.36	345.6
7.0	20.25	20.26	20.26	20.27	20.27	20.27	20.26	20.26	20.27	20.25	20.26	345.5
8.0	23.17	23.17	23.18	23.18	23.18	23.19	23.18	23.19	23.19	23.18	23.18	345.1
9.0	26.08	26.06	26.07	26.07	26.06	26.06	26.08	26.06	26.08	26.07	26.07	345.2
10.0	28.97	28.95	28.97	28.95	28.95	28.95	28.95	28.96	28.95	28.96	28.96	345.3
12.0	34.75	34.76	34.78	34.77	34.78	34.75	34.79	34.76	34.76	34.76	34.77	345.1
14.0	40.57	40.59	40.55	40.55	40.55	40.56	40.54	40.57	40.55	40.58	40.56	345.2
16.0	46.40	46.38	46.34	46.38	46.38	46.38	46.39	46.38	46.38	46.38	46.38	345.0
18.0	52.18	52.16	52.15	52.20	52.21	52.16	52.13	52.19	52.20	52.17	52.18	345.0
20.0	58.00	58.01	58.02	58.08	58.02	57.94	58.10	57.99	58.02	58.05	58.02	344.7

《分析》

・有効数字３桁で実験値は，計算値とほぼ一致する。

・距離が５m～10mのときに安定した測定値が得られる。

【備考】《音量および距離について》

1 音量について

実験は静かな教室および廊下で行ったので，特に音量について考慮する必要はなかった。騒がしい教室では配慮が必要かもしれないが，音量を５目盛にすれば相当大きな音であるので問題はない。

2 距離について

距離が短すぎると誤差が大きくなる。５m～１０mが適当と思われる。教卓上では２m～３mということになるので本体とスピーカーとの距離をより正確に測定する必要がある。

§４ 音速の測定Ⅱ：気柱共鳴による方法

1 説明

(1)気柱共鳴

試験管のように一端の閉じた管（閉管）に息を吹き込むと，その管の長さに特有な音が出る。これは，管内の空気（気柱）が振動して，管の底（閉端）と口（開端）の間で音波が反射し，定常波ができ，それが音源となって外部に音波が伝わるからである。このとき，管の閉端では空気が動けないので固定端であり定常波の節となり，管の開端では空気が中に動けるので自由端であり定常波の腹となる。腹は，実際には開端から少し外側にずれてでき，このずれは管の半径に比例し，開口端補正という。

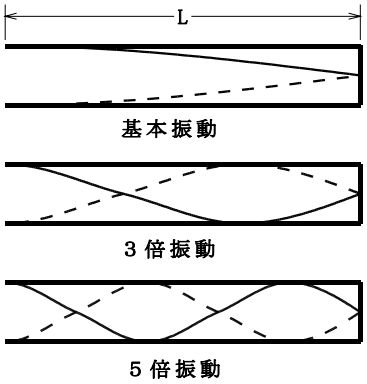


図５　閉管内に生じる定常波

管を吹いた場合，実際には気柱内にはいろいろな波長の定常波ができている。長さＬ[m]の閉管内にできる節の数がｎ個の定常波の波長をλ_n[m]とすると，図５より

$$L=\frac{\lambda_n}{4}(2n-1) \quad (n=1,\ 2,\ 3\cdots)$$

$$\lambda_n=\frac{4L}{(2n-1)}$$

であることがわかる。音の速さをｖ[m/s]とすると，閉管の気柱の固有振動数f_n[Hz]は

$$f_n=\frac{v}{\lambda_n}=\frac{(2n-1)\ v}{4L} \quad (n=1,\ 2,\ 3\cdots)$$

のようになる。ｎ＝１の振動を基本振動，ｎ＝２，３…の振動を倍振動といい，これらの振動に伴って生じる音を，それぞれ基本音，倍音という。

図６のように，ガラス管に水を入れ管口の近くで音叉を鳴らしながら水面を下げていくと，気柱の長さがL_1，L_2，L_3[m]のときに管の中から強い音が聞こえてくる。これは管内の気柱が音叉の振動に共鳴するためである。

気柱の長さL_1，L_2，L_3[m]と音の波長λ[m]との関係は

$$L_2-L_1=L_3-L_2=\frac{1}{2}\lambda$$

であるので，音の振動数をｆ[Hz]，音速をｖ[m/s]とすると，

$$v=f\times\lambda$$

の関係より，

$$v=f\times2\ (L_2-L_1)=f\times2\ (L_3-L_2)$$

となり，音速が求められる。

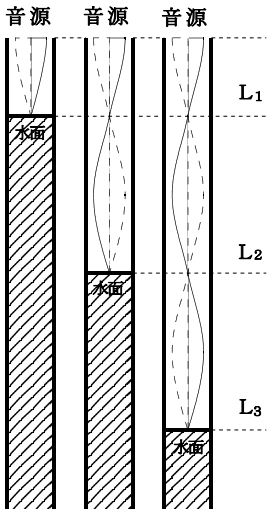


図６ ガラス管内の定常波

(2)気柱共鳴音速測定実験装置

従来の気柱共鳴実験では，音叉の振動がはやく減衰すること，音の強弱を耳で判断して共鳴点を探るために曖昧さが残ることなどの問題があった。そこで，この実験装置では，音叉の代わりに発振器に接続されたスピーカーを音源に用いる。また，このスピーカーコーンの振動によって誘起される電流が共鳴点で変化することを利用して共鳴点を検知する。これによって，音速測定の実験の精度および再現性が向上する。

実験装置の外観図を図７に，また，回路のブロック図を図８に示す。この気柱共鳴の実験では，図８のように，低周波発振器からの正弦波信号を増幅し，ブリッジ回路の一辺をスピーカーに置き換えた回路に印加する。このスピーカーを音源として気柱を共鳴させ，さらに共鳴点ではスピーカーコーンの振幅が大きくなることを利用する。このとき，印加電流とは逆相のスピーカーコーンの振動による誘起電流が大きくなり，スピーカーのインピーダンスは最大となる。このときブリッジ回路がバランスして，出力電圧(BRIDGE OUT)は最小となる。このようにして，出力電圧が最小になるところが共鳴点であり，このときの気柱の長さを数個の共鳴点で測定することにより波長を求めることができる。

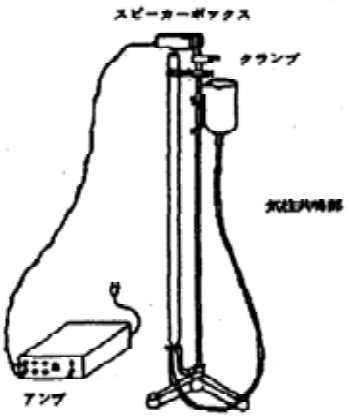


図７　実験装置外観図

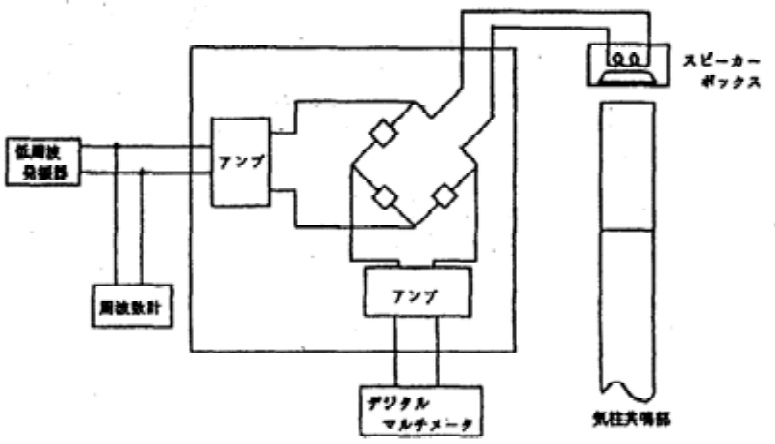
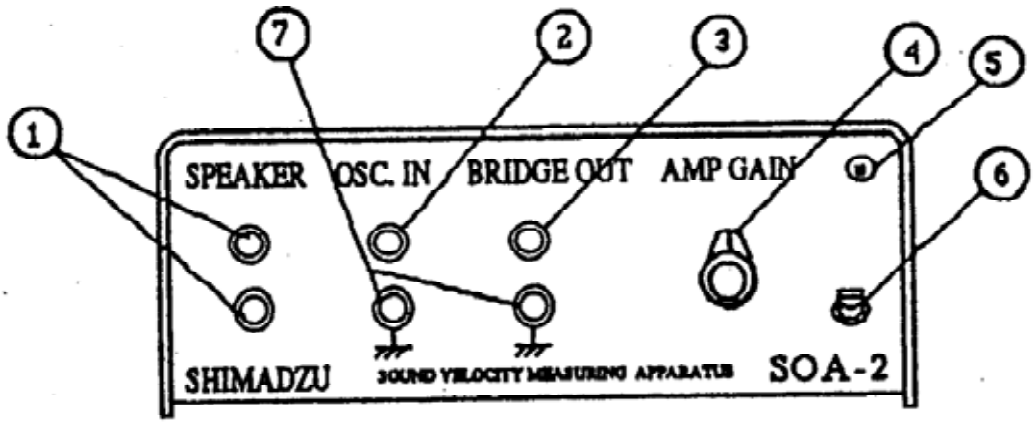


図８　回路ブロック図

〈アンプ〉



①SPEAKER（スピーカー接続端子）

…… スピーカーボックスの端子と接続する。

②OSC.IN（正弦波入力端子）

…… 低周波発振器から数百Hzの正弦波を入力する。

③BRIDGE OUT（ブリッジ回路出力端子）

…… スピーカーコーンの振動による電流の変化を検出するブリッジ回路の電圧を増幅して出力する。

④AMP GAIN（増幅度・音量調節ツマミ）

…… 入力された正弦波の増幅度を変化させることにより，音量とBRIDGE OUT出力電圧を同時に調節する。

⑤PILOT LUMP（電源パイロットランプ）

⑥POWER（電源スイッチ）

⑦GND（GND端子）

2 実験

(1)実験装置および器具

・気柱共鳴音速測定装置（気柱共鳴部，アンプ，スピーカー）
・デジタルマルチメーター（ＡＣ電圧，数百Ｈｚを測定）
・低周波発振器　　・周波数計　　・リード線（４組）
・温度計（室温測定用）

(2)実験装置の配置と準備

実験装置は図７のように配置する。

① 気柱共鳴部を組立てる。

・気柱共鳴用ガラス管にビニールチューブと水準びんを取り付ける。
・スタンドに上記の装置を固定する。

② スピーカーボックスを取り付ける。

・スピーカーボックスをクランプで気柱共鳴部のスタンドの最上部に取り付けて，ガラ

ス管の開口部の上数mmのところにスピーカーが来るように位置を調節する。
・アンプ部の SPEAKER 端子とスピーカーボックス端子をリード線で接続する。
③ アンプ・低周波発振器・デジタルマルチメーター・周波数計を接続する。
・図のように，アンプ部の OSC.IN 端子と低周波発振器の出力端子とを接続する。
・アンプ部の BRIDGE OUT 端子とデジタルマルチメーターのＡＣ電圧入力端子とを接続する。
・低周波発振器の出力端子と周波数計の入力端子とを接続する。
④ 室温を測定する。
・実験を始める前と終了後の２回，室温を計っておく。

(3)実験の方法
① アンプ部の OSC.IN 端子に低周波発振器から約600～800Ｈｚの正弦波を入力する。このとき，周波数計を用いて発振周波数を測定しておく。
② 気柱が共鳴していない状態において，AMP GAIN つまみで音量を調整し，デジタルマルチメーターの値が約４～５Ｖになるようにする。
③ デジタルマルチメーターの値を見ながらガラス管の水面を上下させる。
④ デジタルマルチメーターの値が最小になるところが共鳴点になるので，そのときのガラス管の目盛を読みとる。
⑤ ３ヶ所の共鳴点の位置（L_1，L_2，L_3）を記録する。

3 実験結果と分析
〔測定例〕
気温 18.5℃
音速の理論値 $v=331.5+0.6\times18.5$
$=342.6$ [m/s]

・振動数 600Hz のとき
共鳴点の位置 $L_1=12.1$ [cm]，$L_2=40.4$ [cm]，$L_3=68.9$ [cm]
半波長の平均＝28.4 [cm]
音速 $v=28.4\times10^{-2}\times2\times600$
$=340.8$ [m/s]

・振動数 700Hz のとき
共鳴点の位置 $L_1=10.1$ [cm]，$L_2=34.4$ [cm]，$L_3=58.9$ [cm]
半波長の平均＝24.4 [cm]
音速 $v=24.4\times10^{-2}\times2\times700$
$=341.6$ [m/s]

・振動数 800Hz のとき
共鳴点の位置 $L_1=8.5$ [cm]，$L_2=30.1$ [cm]，$L_3=51.2$ [cm]
半波長の平均＝21.4 [cm]

音速　$v = 21.4 \times 10^{-2} \times 2 \times 800$
$= 342.4$ [m/s]

《分析》

・音の振動数が高いほど共鳴点がはっきりするので，よい結果が得られる。

＊実験してみると共鳴点の位置を求めることは，この装置を使っても難しかった。

【参考】《自作の気柱共鳴管による測定》

通常，ガラス管に水を入れた気柱共鳴装置がよく使われるが，水を使うためにやや使いにくいところがある。そこで，アクリルパイプを使って自作の共鳴装置を作り，同様の実験を行った。その結果を示すと下記のようになる。

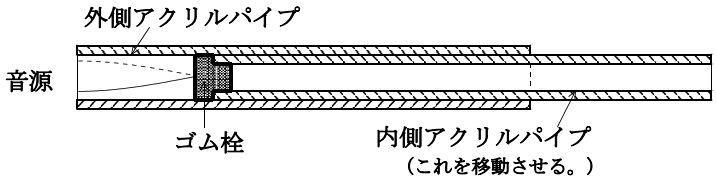


図10　自作の共鳴装置の断面

〈特徴〉

・内側のアクリルパイプを細かく移動させることができるので，共鳴点がはっきり分かる。

・水を使わないので，実験する場所を選ばない。

・自作することによって，生徒実験用として利用できる。

〔測定例〕

気温　14.8℃

音速の理論値　$v = 331.5 + 0.6 \times 14.8$
$= 340.4$ [m/s]

・振動数 500Hz のとき

共鳴点の位置　$L_1 = 14.1$ [cm]，$L_2 = 47.9$ [cm]，$L_3 = 81.9$ [cm]

半波長の平均＝33.9 [cm]

音速　$v = 33.9 \times 10^{-2} \times 2 \times 500$
$= 339.0$ [m/s]

・振動数 600Hz のとき

共鳴点の位置　$L_1 = 10.9$ [cm]，$L_2 = 39.3$ [cm]，$L_3 = 67.6$ [cm]
$L_4 = 96.0$ [cm]

半波長の平均＝28.4 [cm]

音速　$v = 28.4 \times 10^{-2} \times 2 \times 600$
$= 340.8$ [m/s]

・振動数 700Hz のとき

共鳴点の位置　L_1＝10.5 [cm], L_2＝34.9 [cm], L_3＝59.2 [cm]
L_4＝83.3 [cm]

半波長の平均＝24.3 [cm]

音速　$v = 24.3 \times 10^{-2} \times 2 \times 700$
＝340.2 [m/s]

・振動数 800Hz のとき

共鳴点の位置　L_1＝ 9.1 [cm], L_2＝30.4 [cm], L_3＝51.5 [cm]
L_4＝72.7 [cm]

半波長の平均＝21.2 [cm]

音速　$v = 21.2 \times 10^{-2} \times 2 \times 800$
＝339.2 [m/s]

・振動数 900Hz のとき

共鳴点の位置　L_1＝ 7.8 [cm], L_2＝26.8 [cm], L_3＝45.5 [cm]
L_4＝64.5 [cm], L_5＝83.5 [cm]

半波長の平均＝18.9 [cm]

音速　$v = 18.9 \times 10^{-2} \times 2 \times 900$
＝340.2 [m/s]

・振動数 1000Hz のとき

共鳴点の位置　L_1＝ 7.3 [cm], L_2＝24.5 [cm], L_3＝41.6 [cm]
L_4＝58.6 [cm], L_5＝76.0 [cm]

半波長の平均＝17.2 [cm]

音速　$v = 17.2 \times 10^{-2} \times 2 \times 1000$
＝344.0 [m/s]

《分析》

・共鳴点をはっきり捉えることができ，測定誤差も小さくできる。
・1000Hzを越える音になると誤差が大きくなる。

【参考文献】

[1]「万能電気式ストップウォッチBEX-10」取扱説明書（島津理化器械㈱）
[2]「気柱共鳴音速測定装置SOA-2」取扱説明書（島津理化器械㈱）
[3]「初等理化学辞典」（1964，岩崎書店）